

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of: )  
ESPOSITO CORCIONE ET AL. )  
Serial No. 10/696,741 )  
Filing Date: OCTOBER 29, 2003 )  
For: ELECTRONIC CONTROL SYSTEM FOR )  
TORQUE DISTRIBUTION IN HYBRID )  
VEHICLES )

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

MS MISSING PARTS  
COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. BOX 1450  
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of the  
priority European Application No. 02425654.7.

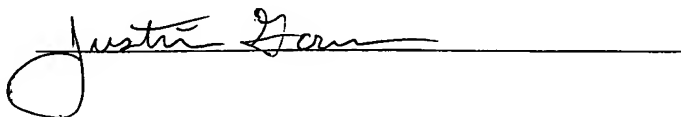
Respectfully submitted,



MICHAEL W. TAYLOR  
Reg. No. 43,182  
Allen, Dyer, Doppelt, Milbrath  
& Gilchrist, P.A.  
255 S. Orange Avenue, Suite 1401  
Post Office Box 3791  
Orlando, Florida 32802  
Telephone: 407/841-2330  
Fax: 407/841-2343  
Attorney for Applicant

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being  
deposited with the United States Postal Service as first class  
mail in an envelope addressed to: MS MISSING PARTS,  
COMMISSIONER FOR PATENTS, P.O. BOX 1450, ALEXANDRIA, VA 22313-  
1450, on this 11<sup>th</sup> day of February, 2004.











**Europäisches  
Patentamt**

**European  
Patent Office**

**Office européen  
des brevets**

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

**Patentanmeldung Nr.    Patent application No.    Demande de brevet n°**

02425654.7

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**R C van Dijk**









Anmeldung Nr:  
Application no.: 02425654.7  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 29.10.02  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

STMicroelectronics S.r.l.  
Via C. Olivetti, 2  
20041 Agrate Brianza (Milano)  
ITALIE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Electronic control system for torque distribution in hybrid vehicles

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

F02D41/00

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR







Titolo: Sistema elettronico di controllo e ripartizione della coppia per veicoli a propulsione ibrida.

## DESCRIZIONE

### Campo di applicazione

5 La presente invenzione fa riferimento sistema elettronico di controllo e ripartizione della coppia per veicoli a propulsione ibrida.

Più specificatamente l'invenzione si riferisce ad un veicolo a propulsione ibrida in cui la spinta in trazione è ripartita tra un motore elettrico ed un motore endotermico mediante un sistema di trasmissione che  
10 trasferisce alle ruote del veicolo la coppia di entrambi i motori in asservimento ad una centralina di controllo.

L'invenzione è un perfezionamento di quanto descritto nella domanda di brevetto europea No. 01830645.6 a nome della stessa Richiedente e che s'intende incorporata alla presente come riferimento.

15 Come è ben noto, il crescente interesse dimostrato dalla comunità internazionale per la diminuzione degli inquinanti presenti nell'atmosfera ha portato all'emanazione di normative sempre più rigide riguardo le emissioni inquinanti degli autoveicoli.

In particolare l'Unione Europea ha previsto entro il 2005 severe  
20 restrizioni sulle emissioni allo scarico e sui consumi di combustibile dei motori a combustione interna. Qui di seguito sono brevemente riportate le normative più significative, alcune delle quali sono già entrate in vigore, mentre altre sono incombenti:

- **Euro III (98/69)**, le macchine immatricolate dal 1° gennaio del  
25 2001 rispettano tale direttiva. Oltre al problema dell'emissione di inquinanti, minore rispetto alle precedenti, s'introduce l'obbligatorietà di un sistema di autodiagnosi a bordo OBD (On Board Diagnostic), che segnali i malfunzionamenti. Si ha l'obbligo di effettuare la riparazione entro un numero di chilometri  
30 stabilito, pena gravi sanzioni. Tali direttive valide per le automobili a benzina, entreranno in vigore nel 2003 per i motori diesel.



- **Euro IV (98/68 B)**, entrerà in vigore dal 1° gennaio del 2005.

- **Euro V (2001/27/EC)**, entrerà in vigore dal 1° gennaio del 2008.

Le emissioni dei veicoli sono fortemente dipendenti dal regime di rotazione dovuto all'uso del motore; ad esempio durante la guida  
5 urbana, la guida su strade rurali o la guida in autostrada.

In futuro, il rispetto di tali normative comporterà un consistente sforzo dei produttori di automobili nello sviluppo di veicoli a basse emissioni. In tale ottica, i veicoli a propulsione ibrida assumeranno un ruolo importante in considerazione sia della più matura tecnologia che delle  
10 basse emissioni, ma anche dei minori consumi.

#### Arte nota

L'arte nota propone già alcune configurazioni di veicoli a propulsione ibrida, vale a dire dotati di un motore elettrico e di un motore endotermico. Le due configurazioni classiche dei veicoli ibridi sono la  
15 configurazione serie e la configurazione parallelo.

Nella configurazione serie il motore endotermico funziona a regime costante di massimo rendimento per ricaricare alcune batterie di accumulatori che alimentano il motore elettrico. In sostanza il motore opera come gruppo elettrogeno ed è dimensionato sulla base della  
20 potenza media richiesta in trazione.

E' evidente che questo valore di potenza è sensibilmente più basso rispetto alla potenza massima erogabile; pertanto, in queste condizioni, il motore endotermico lavora in un punto della curva di coppia in cui l'efficienza è massima e le emissioni inquinanti sono ridotte al minimo.

25 In questa configurazione, la macchina elettrica montata a bordo del veicolo funziona prevalentemente da motore, e viene fatta funzionare da generatore solo durante le fasi di frenata rigenerativa.

La potenza nominale della macchina elettrica deve essere pari alla potenza nominale del veicolo, poiché la potenza richiesta in trazione è  
30 unicamente fornita dal motore elettrico.

Gli inconvenienti di questa configurazione sono rappresentati dalle batterie che, dovendo essere dimensionate sulla base della potenza



nominale della macchina elettrica, saranno caratterizzate da ingombri e pesi notevoli incidendo negativamente sulle prestazioni del veicolo.

5 Nella figura 1 qui allegata è illustrata a blocchi schematici la struttura di un veicolo a propulsione ibrida di tipo serie, precedentemente descritta.

Nella configurazione parallelo il motore a combustione interna ha un funzionamento dinamico (non a punto fisso) e contribuisce insieme all'azionamento elettrico a fornire la potenza meccanica richiesta. Normalmente, i contributi del motore endotermico e del motore elettrico  
10 sono trasmessi all'asse delle ruote mediante un accoppiamento a meccanico a conversione di coppia.

La potenza totale del veicolo risulta dunque ripartita tra il motore elettrico e quello endotermico; pertanto, la potenza di quest'ultimo è ridotta rispetto a quella di un motore di un veicolo convenzionale, anche  
15 in considerazione della possibilità di sovraccarico della macchina elettrica.

L'efficienza e le emissioni inquinanti sono ottimizzate attraverso un opportuno controllo di ripartizione dei flussi energetici tra i principali componenti. Il motore elettrico è di potenza contenuta e funziona anche  
20 da generatore per ricaricare le batterie. Le batterie hanno peso e ingombro ridotti in quanto alimentano un motore elettrico di potenza ridotta.

Nella figura 2 qui allegata è illustrata a blocchi schematici la struttura di un veicolo a propulsione ibrida di tipo parallelo.

25 Entrambe le configurazioni serie/parallelo precedentemente descritte presentano vantaggi e svantaggi.

Nel sistema ibrido in configurazione serie il motore endotermico ha solo la funzione di caricare le batterie, pertanto non è possibile sfruttare l'elevata densità di energia dei combustibili fossili. Inoltre, l'elevato peso  
30 degli accumulatori determina un notevole incremento dell'inerzia del veicolo e penalizza le prestazioni a parità di potenza.

Ancora, la necessità di utilizzare due distinte macchine elettriche, una per la trazione ed una per la ricarica degli accumulatori, aumenta la



complessità del sistema a scapito dell'affidabilità.

Nel sistema ibrido in configurazione parallelo, invece, occorrono controllori o organi meccanici che consentano di ripartire la coppia complessiva richiesta tra il motore termico e il motore elettrico.

- 5 Le modalità di ripartizione della coppia secondo la tecnica nota non assicurano un'ottimizzazione globale dei flussi energetici ma solo un'ottimizzazione legata a situazioni contingenti.

10 Per ottenere un'ottimizzazione globale bisognerebbe, in linea di principio, conoscere a priori non solo il percorso che il veicolo compirà ma anche tutte le condizioni di guida che si presenteranno.

Un'altra possibile soluzione sarebbe quella di effettuare previsioni basate sulla storia passata del sistema con valutazioni di comportamento di tipo probabilistico. Tuttavia, questa soluzione è difficilmente praticabile e non porterebbe a risultati di particolare  
15 interesse industriale.

Il problema tecnico che sta alla base della presente invenzione è quello di escogitare un sistema elettronico di controllo e ripartizione della coppia, in particolare per veicoli a propulsione ibrida, il quale abbia caratteristiche strutturali e funzionali tali da superare i limiti delle  
20 soluzioni attualmente proposte dalla tecnica nota migliorando le prestazioni del veicolo a propulsione ibrida e consentendo la realizzazione di sistemi di propulsione a minore ingombro.

#### Sommario dell'invenzione

L'idea di soluzione che sta alla base della presente invenzione è quella  
25 di gestire in modo innovativo i flussi energetici che vengono utilizzati per la propulsione di veicoli ibridi e calcolare i contributi di coppia dei due motori di trazione, il motore endotermico ed il motore elettrico, sulla base di un predeterminato numero di parametri di funzionamento sia del veicolo, sia dei motori che ne consentono il movimento.

30 Vantaggiosamente, il sistema secondo l'invenzione opera parzialmente con modalità predittive elaborando con tecniche di Soft Computing in logica Fuzzy o Neuro-Fuzzy alcuni dati "storici" inerenti il funzionamento del veicolo e dei motori che ne consentono il movimento.



Sulla base di tale idea di soluzione il problema tecnico è risolto da un sistema elettronico di controllo e ripartizione della coppia per veicoli a propulsione ibrida del tipo precedentemente indicato e definito dalla parte caratterizzante della rivendicazione 1.

- 5 Le caratteristiche ed i vantaggi del sistema elettronico di controllo e ripartizione della coppia secondo l'invenzione risulteranno dalla descrizione, fatta qui di seguito, di un esempio di realizzazione dato a titolo indicativo e non limitativo con riferimento ai disegni allegati.

Breve descrizione dei disegni

10 In tali disegni:

la Figura 1 mostra una vista schematica di un veicolo dotato di un sistema di propulsione ibrido in configurazione serie;

la Figura 2 mostra una vista schematica di un veicolo dotato di un sistema di propulsione ibrido in configurazione parallelo;

15 la Figura 3 mostra una vista schematica di un veicolo dotato di un sistema di propulsione ibrido in configurazione parallelo al quale viene preferibilmente applicata la presente invenzione;

20 la Figura 4 mostra una vista prospettica e schematica di un veicolo a propulsione ibrida al quale viene applicato il sistema di controllo secondo l'invenzione;

la Figura 5 mostra una vista schematica del sistema di controllo e di ripartizione di coppia secondo l'invenzione;

25 la Figura 6 mostra una vista a blocchi schematici di un particolare del sistema di figura 5;

la Figura 7 mostra una vista a blocchi schematici di un ulteriore particolare del sistema di figura 5;

30 la Figura 8 mostra in un diagramma coppia vs. tempo un esempio di funzionamento del sistema di propulsione ibrida secondo l'invenzione.



### Descrizione dettagliata

Con riferimento a tali figure, ed in particolare agli esempi delle figure 3 e 4, viene descritto qui di seguito un veicolo 10 dotato di un sistema 7 di propulsione ibrido in configurazione parallelo. Al veicolo 10 viene applicato il sistema elettronico 11 di controllo e ripartizione della coppia realizzato in accordo con la presente invenzione.

Vantaggiosamente, secondo l'invenzione, la configurazione ibrida di figura 3 è in grado di coniugare i vantaggi delle due tipologie principali serie/parallelo di veicolo ibrido, grazie ad una gestione innovativa dei flussi energetici.

Da un punto di vista di classificazione, la configurazione della presente invenzione può essere incorporata nelle tipologie di sistema ibrido parallelo, sia in termini di prestazioni sia in termini di ingombro.

Infatti, come mostrato nello schema di figura 4, il veicolo 10 comprende un motore elettrico 3 che è coadiuvato in trazione da un motore endotermico 1.

Il motore endotermico 1 è alimentato a combustibile da un serbatoio 5 previsto convenzionalmente nel veicolo 1.

Analogamente, il motore elettrico 3 è alimentato da batterie 6 ad accumulo.

Nella figura 4 il serbatoio 5 e le batterie 6 sono posizionati in corrispondenza del retrotreno del veicolo 10. Ovviamente, questo posizionamento è puramente illustrativo, indicativo e non limitativo dei diritti della Richiedente.

Analogamente, il motore 1 ed il motore elettrico 3 sono illustrati in corrispondenza dell'avantreno del veicolo 10 senza che ciò rappresenti alcuna limitazione. Il solo avantreno è illustrato nell'esempio di figura 3. Questa disposizione è stata comunque preferita per garantire un buon bilanciamento delle masse incorporate nel veicolo 10.

Vantaggiosamente, secondo l'invenzione, il motore endotermico 1 è dimensionato su un valore di potenza inferiore rispetto ai sistemi ibridi in parallelo di tipo noto. Questo ridotto dimensionamento riguarda



anche le batterie 6 di accumulatori, determinando così una riduzione della massa del veicolo 10, a favore delle prestazioni.

5 Nella configurazioni parallelo di tipo tradizionale, il motore a combustione ha un regime di funzionamento variabile fortemente legato alle dinamiche di guida e questo si ripercuote negativamente sui livelli di consumo e di emissioni.

10 Questo problema non è invece riscontrabile nella configurazione serie e viene risolto utilizzando il motore a combustione interna a regime (angolare e di coppia)  $\omega = \text{costante}$ , in un punto di funzionamento in cui il rendimento è massimo ed i consumi e le emissioni sono ridotte al minimo.

15 Vantaggiosamente, per ottenere rendimenti elevati ed elevate coppie a bassi regimi, la scelta del motore 1 è ricaduta su un motore diesel a iniezione diretta (Direct Injection Diesel) al quale è associata una centralina 4 a controllo elettronico che ne regola l'iniezione, ad esempio come descritto nelle domanda di brevetto europeo No. 01830645.6 della Richiedente che si intende incorporata alla presente descrizione. Altri tipi di motore endotermico sono comunque utilizzabili ai fini dell'invenzione, come ad esempio un motore diesel di tipo common rail.

20 La centralina 4 è incorporata nel sistema di controllo 11.

25 Per accoppiare l'asse 8 del motore 1 a velocità angolare costante con l'asse 9 delle ruote, che sono invece a velocità angolare variabile a seconda delle condizioni di guida, è stato realizzato mediante un gruppo o sistema 2 di trasmissione a rapporto di riduzione variabile con continuità.

30 Il motore 1 diesel eroga, quindi, una potenza costante, commisurata ad una potenza media richiesta dal conducente. Nella figura 8 si desume in modo evidente come la coppia del motore 1 diesel sia sempre costante, mentre il contributo del motore elettrico varia a seconda delle necessità. La variazione di coppia è definita e determinata dal sistema di controllo 11 secondo l'invenzione che è incorporato nella centralina 4 e pilota il sistema di trasmissione 2.

Come vedremo in maggiore dettaglio nel seguito, la centralina 4 di



controllo pilota il funzionamento da generatore o da organo di trazione del motore 1 endotermico, a seconda che la potenza meccanica richiesta sia inferiore o superiore a quella erogata dal motore 1 diesel. La centralina 4 controlla inoltre i flussi di potenza da ripartire tra i  
5 principali componenti (macchina elettrica, motore diesel e batterie di accumulatori) in modo da ottimizzare il rendimento energetico complessivo dell'intero sistema.

Vediamo ora brevemente la struttura del sistema di trasmissione 2.

10 Il sistema di trasmissione 2 comprende un accoppiamento a rapporto di riduzione variabile con continuità, denominato *a variazione continua*. La trasmissione a variazione continua è decisamente meno complessa d'una trasmissione automatica convenzionale provvista di un convertitore di coppia.

15 Il sistema 2 trasmette la coppia motrice per mezzo di un variatore comprendente una cinghia d'acciaio segmentata che collega il motore alla trasmissione girando su delle pulegge dal diametro variabile.

I rapporti cambiano in funzione delle variazioni imposte al diametro di tali pulegge da un associato sistema idraulico. Il comando di questa trasmissione è interamente elettronico e consente, quindi, di mantenere  
20 la velocità del motore costante, quando la velocità delle ruote è variabile.

Come già detto, secondo l'invenzione alla centralina 4 è incorporata nel sistema 11 di controllo e ripartizione della coppia motrice.

25 Tale sistema 11 di controllo consente di coniugare i vantaggi delle due tipologie principali di veicolo ibrido, serie e parallelo, grazie ad una gestione innovativa dei flussi energetici.

Il sistema 11 di controllo rappresentato schematicamente in figura 5 è basato su tecniche di soft computing e comprende essenzialmente tre blocchi principali:

- 30
1. Controllore Soft Computing 12 per la predizione dei contributi di coppia del motore elettrico 3 e del motore termico 1 (**TMS**);
  2. Centralina 4 di controllo elettronico programmabile (**PECU**);



3. Sensore Virtuale 15 per la stima delle emissioni inquinanti (**VES**).

Il primo blocco 12 provvede alla determinazione dei contributi delle due macchine 1, 3 alla coppia di trazione totale sulla base dei seguenti segnali elettrici ricevuti e grandezze retroazionate:

- 5 • Profilo altimetrico del tracciato (road noise);
- Comandi di guida (pedals);
- Stato dei componenti del sistema (system status);
- Portata massica di combustibile (**ICE** fuel amount);
- Correnti di fase dell'azionamento elettrico (**ED** currents);
- 10 • Corrente erogata dalla batteria (**ESS** currents);
- Stato del sistema di trasmissione (Transmission position).

Nella centralina 4 sono memorizzati gli algoritmi di controllo delle alimentazioni dei due motori 1, 3. Tali algoritmi generano segnali elettrici di comando necessari per regolarne il funzionamento e per  
15 soddisfare in tempo reale le richieste di coppia formulate dal controllore 12. In questo caso, i segnali d'ingresso alla centralina 4 sono i seguenti:

- Correnti di fase dell'azionamento elettrico (**ED** currents);
- Velocità angolare della macchina elettrica (**ED** speed);
- Velocità angolare della macchina termica (**ICE** speed);
- 20 • Fasatura del motore termico (**ICE** Phase);
- Condizioni Esterne al veicolo, quali ad esempio pressione e temperatura atmosferica;
- Le richieste di coppia in uscita dal blocco 12, vale a dire i segnali: Demand ICE e Demand ED;
- 25 le uscite della centralina 4 sono:



- Portata massica di combustibile (**ICE** fuel amount);
- Correnti di fase dell'azionamento elettrico (**ED** currents);
- Corrente erogata dalla batteria (**ESS** currents);
- Stato del sistema di trasmissione (Transmission position);

5 terzo blocco 15 (**VES**) è un sensore virtuale che effettua una stima delle emissioni allo scarico in funzione della portata di combustibile richiesta e, sulla base dei parametri di macchina e dei limiti normativi sulle emissioni in esso impostati, corregge la portata di combustibile richiesta. La richiesta di combustibile emessa dalla centralina 4 viene  
10 dunque elaborata dal blocco 15 per stimare le emissioni inquinanti del veicolo 10.

Dunque, il sistema 11 di controllo nel suo complesso calcola i contributi di coppia dei due motori 1 e 3 tenendo in considerazione tutti i suddetti ingressi e ricavando nel contempo le seguenti informazioni  
15 parametriche:

1. lo stato del sistema;
2. le richieste esterne;
3. i disturbi.

dalle quali è possibile ricavare una previsione che consente di  
20 ottimizzare il funzionamento del veicolo 10.

E' importante sottolineare che il sistema 11 opera anche in modo predittivo in quanto le valutazioni sono effettuate monitorando lo stato corrente del sistema ma anche interpretando la sua storia passata.

Ciò è reso possibile dalla presenza nel sistema 11 del controllore 12  
25 operante in logica fuzzy. La peculiare struttura degli elaboratori in logica fuzzy, che incorporano una memoria non volatile contenente dati e riferimenti alle elaborazioni già effettuate, consente di ricavare curve di stima dei segnali elettrici necessari a pilotare il sistema di propulsione ibrido.

30 In altre parole, con il sistema 11 è possibile predire lo stile di guida



interpretando ad intervalli di tempo prestabiliti il ciclo di guida già percorso.

5 A puro titolo di esempio applicativo, analizziamo qui di seguito una possibile situazione reale che potrebbe presentarsi nell'uso del veicolo 10 di cui sopra. In questo esempio il controllo è applicato al veicolo ibrido 10 in configurazione parallelo in cui la coppia che la macchina elettrica deve fornire è ottenuta da quella richiesta dal pilota meno la coppia del motore diesel.

10 Il cuore del sistema 11 di controllo è la gestione della coppia fornita dal motore 1 a combustione interna. In questo caso esemplificativo nel controllore 12 vi è un elaboratore 13 in logica fuzzy, ad esempio del tipo commercialmente noto come WARP III, i cui ingressi sono lo stato di carica delle batterie (*soc*) e l'indice *cycle*, identificativo di un percorso calcolato dalla media e dalla varianza della velocità del veicolo.

15 La variabile *cycle* viene ricalcolata ad ogni prefissato intervallo  $\Delta t$  di tempo. Inoltre, un'ulteriore variabile *time* rende la variazione dell'uscita lenta a piacere.

20 In figura 6 sono mostrati schematicamente l'elaboratore 13 fuzzy incorporato nel controllore 12 con i relativi ingressi e l'uscita indirizzata verso un nodo sommatore 16 al quale confluisce anche l'uscita di un blocco 14 di elaborazione del segnale proveniente dal pedale dell'acceleratore.

25 Com'è ben noto, l'elaboratore 13 fuzzy opera su cosiddette funzioni di appartenenza (membership functions) associate agli ingressi. Qui di seguito sono schematizzate le regole di inferenza fuzzy che possono essere applicate a titolo di esempio a tali funzioni di appartenenza:

1. if (*cycle* is **off**) and (*soc* is not **soc\_low**) then (*Tice* is **0**)(*time* is **0**)
2. if (*cycle* is **urban**) and (*soc* is not **soc\_low**) then (*Tice* is **0**)(*time* is **1**)
3. if (*cycle* is **comb**) and (*soc* is not **soc\_low**) then (*Tice* is **50**)(*time* is **1**)
- 30 4. if (*cycle* is **extra**) and (*soc* is not **soc\_low**) then (*Tice* is **50**)(*time* is **1**)
5. if (*soc* is **soc\_low**) then (*Tice* is **100**)(*time* is **0**)

In questo esempio applicativo il motore 1 diesel funziona a regime fisso



e la potenza da esso erogata è costante.

Il sistema di controllo 11 agisce dunque in modo che la somma della potenza meccanica erogata dal motore 1 diesel e quella erogata dal motore 3 elettrico sia sempre pari alla potenza richiesta dal conducente.

- 5 Ciò significa che: se la potenza erogata dal motore 1 diesel è superiore a quella meccanica richiesta, la macchina elettrica 3 funzionerà da generatore, recuperando e immagazzinando la potenza in esubero nelle batterie 6; se, invece, la potenza del motore 1 diesel è inferiore a quella richiesta, la macchina elettrica 3 fornirà la restante parte  
10 compatibilmente con le potenzialità delle batterie 6.

- Per quanto riguarda le batterie 6, va detto che, non dovendo assolvere in questa configurazione ibrida parallelo una funzione di vera e propria riserva energetica, ma piuttosto quella di *buffer* nell'alimentazione del motore 3 elettrico per il soddisfacimento dei picchi di potenza richiesti  
15 in trazione, si possono utilizzare convenientemente batterie aventi elevati valori di potenza specifica e bassi valori di energia specifica. Ad esempio, batterie incorporanti Nichel-Idruri metallici possono essere adatte allo scopo avendo bassi valori di potenza specifica rapportati all'unità di peso. In questo modo si ottiene un contenimento delle masse  
20 e conseguentemente un miglioramento delle prestazioni a parità della potenza installata.

- Inoltre, occorre tenere presente che il motore endotermico può sempre essere escluso tramite la frizione del veicolo, ma anche spento in quelle condizioni in cui non è richiesta una potenza media elevata come ad  
25 esempio i periodi di sosta ai semafori o la guida in zone cittadine a traffico limitato etc.. Ciò consente di eliminare il consumo indesiderato di carburante e conseguentemente di abbassare le emissioni inquinanti ed aumentare il rendimento complessivo.

- Va infine sottolineato che in funzione delle decisioni del sistema 11 di  
30 controllo ci saranno delle corrispondenti azioni sul veicolo. Più in particolare, una serie di attuatori situati in corrispondenza dei principali organi di comando del veicolo, come la frizione, il sistema di trasmissione etc., sono asserviti a corrispondenti uscite del sistema 11 di controllo.



In figura 7 si è voluto schematizzare questa possibilità di controllo illustrando come il controllore 12 incorporante l'elaboratore 13 fuzzy sia in grado di elaborare in logica fuzzy i segnali d'ingresso per produrre in uscita un segnale di comando *ICE\_Torque* da applicare ad un predeterminato attuatore del veicolo 10 attraverso uno switch comandato 17.

La presenza dello switch 17 consente di applicare un prefissato ritardo di tempo al segnale *ICE\_Torque* a seconda delle necessità e in considerazione del del segnale di temporizzazione *time*.

10 Ad esempio, se il sistema 11 di controllo emette un segnale *ICE\_Torque*=0, il primo effetto macroscopico sul comando del veicolo sarà il disinnescio della frizione ed il conseguente disaccoppiamento del motore 1 endotermico.

15 Inoltre, se la variabile *time*, che può assumere valori logici 0 e 1, indica che il valore di coppia calcolato *ICE\_torque* dev'essere imposto al controllo della coppia, oppure opportunamente ritardato al fine di evitare bruschi transitori, lo switch 17 provvederà a commutare il percorso di conduzione attraverso il quale viaggia il segnale *ICE\_torque*.

20 Il sistema di controllo e ripartizione di coppia secondo l'invenzione, applicato ad una configurazione ibrida parallela, presenta l'enorme vantaggio di associare i vantaggi delle due configurazioni base di veicolo ibrido, permettendo il funzionamento della macchina termica a regime costante, come nella configurazione serie, e al contempo la presenza di due distinti motori in trazione, come nella configurazione parallelo.

25 Inoltre, la determinazione ottimale nella ripartizione delle coppie tramite tecniche di soft computing consente un notevole miglioramento del rendimento complessivo del sistema ed una riduzione delle emissioni.

30 Infatti, è addirittura possibile una predizione sulla ripartizione della coppia senza la necessità di conoscere a priori delle caratteristiche del tracciato e delle condizioni di guida.



## RIVENDICAZIONI

1. Sistema elettronico (11) di controllo e ripartizione della coppia per veicoli a propulsione ibrida in cui la spinta in trazione è ripartita tra un motore elettrico (3) ed un motore endotermico (1) mediante un sistema di trasmissione (2) che trasferisce alle ruote del veicolo la coppia di entrambi i motori (1, 3) in asservimento ad una centralina (4) di controllo, caratterizzato dal fatto di comprendere:
  - un controllore (12) incorporante un elaboratore (13) in logica fuzzy per predire mediante tecniche di Soft Computing i contributi di coppia del motore elettrico (3) e del motore termico (1);
  - un sensore virtuale (15) per la stima delle emissioni inquinanti del veicolo;
  - detto controllore (12) e detto sensore (15) essendo in collegamento con detta centralina (4) di controllo.
2. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui detto controllore (12) e detta centralina (4) ricevono in ingresso un predeterminato numero di parametri di funzionamento del veicolo (10) e dei motori (1, 3) e comprendente rispettive uscite di comando per organi attuatori di detto veicolo, quali la frizione o detto sistema di trasmissione (2), e per le alimentazioni di detti motori (1,3); il controllore (12) avendo in uscite ulteriori segnali elettrici di richiesta di coppia applicati alla centralina (4).
3. Sistema secondo la rivendicazione 2, in cui detto controllore (12) riceve i seguenti ingressi:
  - Profilo altimetrico del tracciato (road noise);
  - Comandi di guida (pedals);
  - Stato dei componenti del sistema (system status);
  - Portata massica di combustibile (**ICE** fuel amount);
  - Correnti di fase dell'azionamento elettrico (**ED** currents);
  - Corrente erogata dalla batteria (**ESS** currents);
  - Stato del sistema di trasmissione (Transmission position).



4. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui il motore endotermico (1) opera a regime costante e dal motore elettrico (3) viene prelevata l'eventuale coppia aggiuntiva necessaria.
5. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui detto controllore (12) comprende un elaboratore (13) di tipo fuzzy ricevente come ingressi almeno un segnale (*soc*) sullo stato di carica delle batterie (6) di alimentazione del motore elettrico (3) ed un segnale (*cycle*) identificativo di un percorso calcolato sulla base della media e della varianza della velocità del veicolo.
- 10 6. Sistema secondo la rivendicazione 5, in cui detto segnale (*cycle*) di percorso viene ricalcolato a prefissati intervalli ( $\Delta t$ ) di tempo.
7. Sistema secondo la rivendicazione 2, in cui detta centralina (4) riceve i seguenti ingressi:
- Correnti di fase dell'azionamento elettrico (**ED** currents);
  - 15 • Velocità angolare della macchina elettrica (**ED** speed);
  - Velocità angolare della macchina termica (**ICE** speed);
  - Fasatura del motore termico (**ICE** Phase);
  - Condizioni Esterne al veicolo (pressione e temperatura atmosferica);
  - 20 • Le richieste di coppia in uscita dal controllore (12).
8. Sistema secondo la rivendicazione 5, in cui detto elaboratore (13) opera su funzioni di appartenenza secondo le seguenti regole di inferenza fuzzy:
- A.if (*cycle* is **off**) and (*soc* is not **soc\_low**) then (*Tice* is **0**)(*time* is **0**)
- 25 B.if (*cycle* is **urban**) and (*soc* is not **soc\_low**) then (*Tice* is **0**)(*time* is **1**)
- C.if (*cycle* is **comb**) and (*soc* is not **soc\_low**) then (*Tice* is **50**)(*time* is **1**)
- D.if (*cycle* is **extra**) and (*soc* is not **soc\_low**) then (*Tice* is **50**)(*time* is **1**)
- E.if (*soc* is **soc\_low**) then (*Tice* is **100**)(*time* is **0**).
9. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui detta centralina (4)
- 30 presenta un'uscita di segnale che definisce la portata massica di



combustibile (**ICE** fuel amount) richiesta all'alimentazione del motore (3) endotermico attraverso detto sensore virtuale (15).

- 5 10. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui la predizione è effettuata sia monitorando lo stato corrente del veicolo, sia la storia passata inerente le condizioni di guida secondo plurimi dati di funzionamento contenuti in una memoria del controllore.



## RIASSUNTO

L'invenzione riguarda un sistema elettronico (11) di controllo e ripartizione della coppia per veicoli a propulsione ibrida in cui la spinta in trazione è ripartita tra un motore elettrico (3) ed un motore endotermico (1) mediante un sistema di trasmissione (2) che trasferisce  
5 alle ruote del veicolo la coppia di entrambi i motori (1, 3) in asservimento ad una centralina (4) di controllo. Vantaggiosamente, il sistema (11) di controllo comprende:

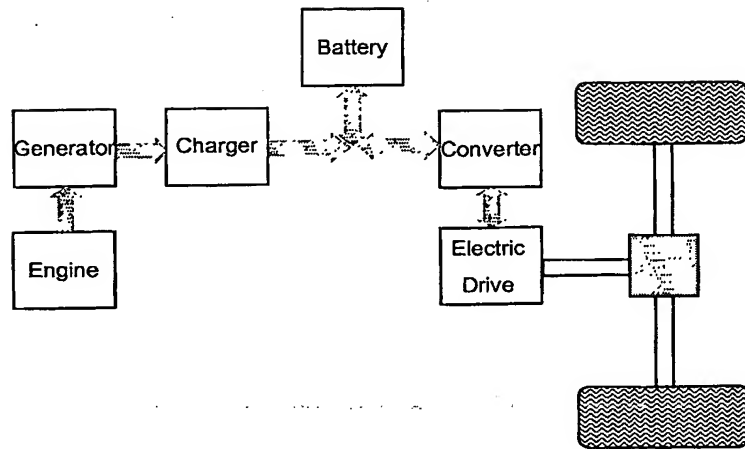
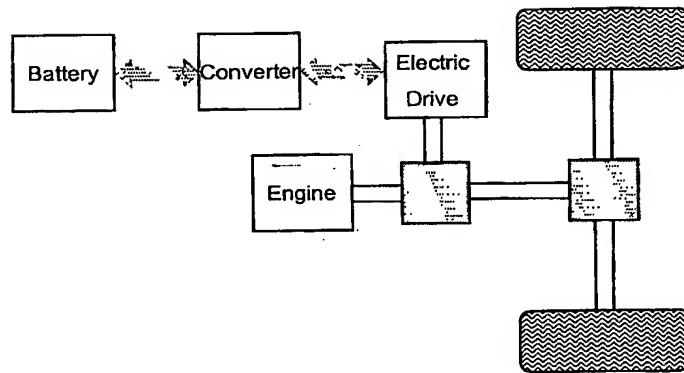
- 10 - un controllore (12) incorporante un elaboratore (13) in logica fuzzy per predire mediante tecniche di Soft Computing i contributi di coppia del motore elettrico (3) e del motore termico (1);
- un sensore virtuale (15) per la stima delle emissioni inquinanti del veicolo;
- 15 - il controllore (12) e il sensore virtuale (15) essendo in collegamento bidirezionale con la centralina (4) di controllo.

(Fig. 5)







**Fig. 1****Fig. 2**



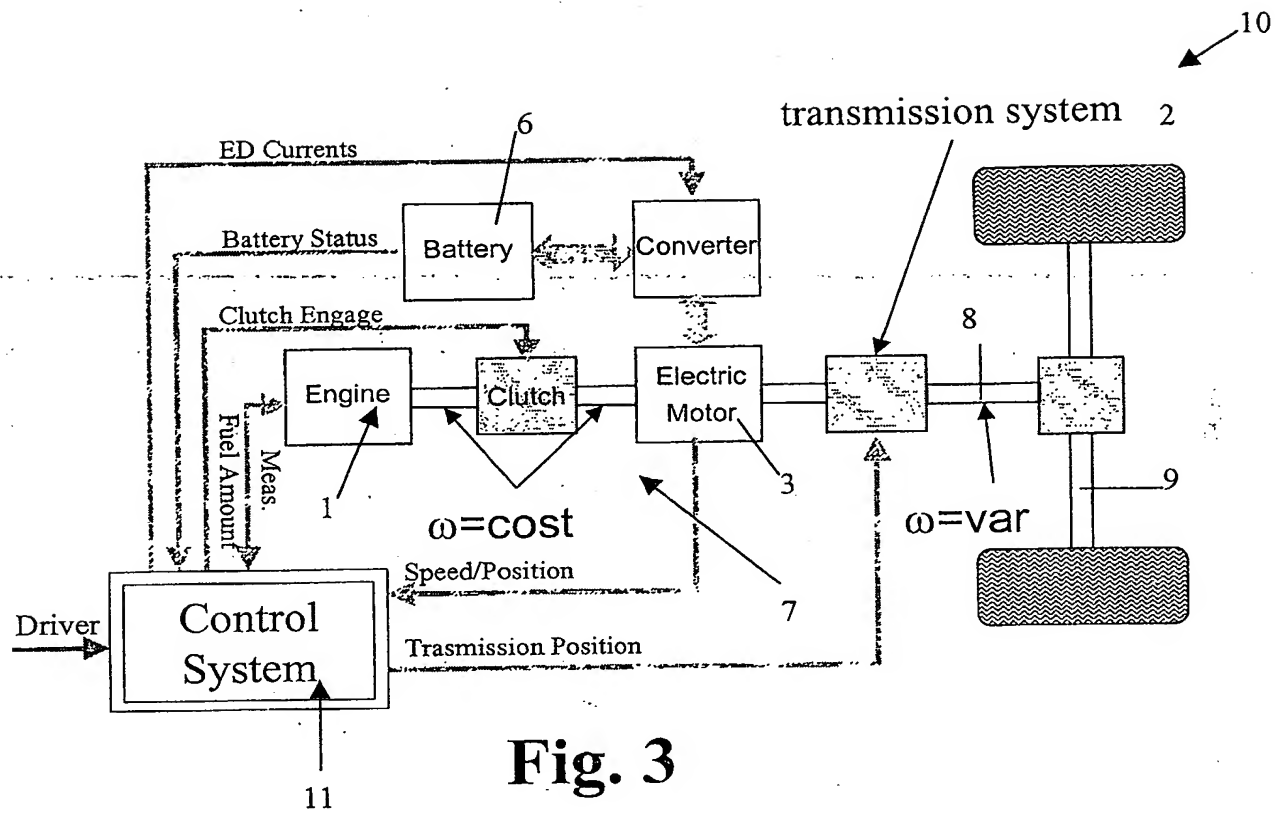
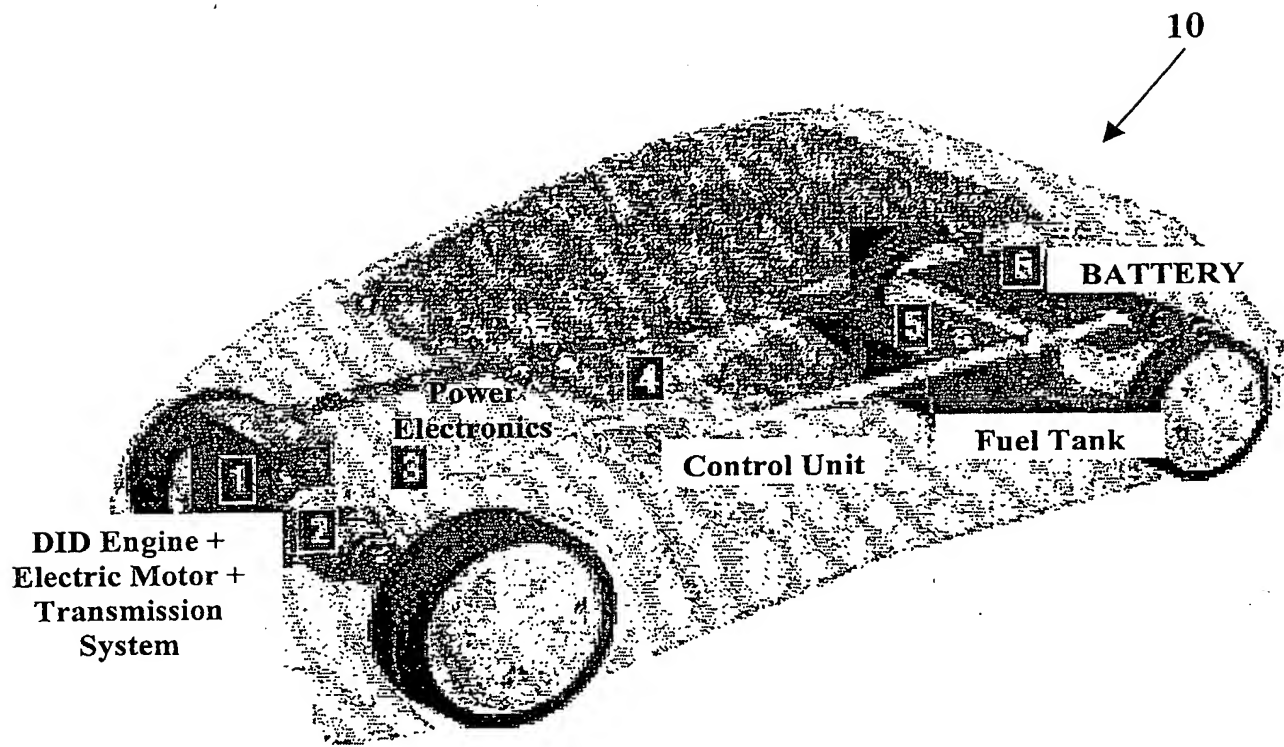
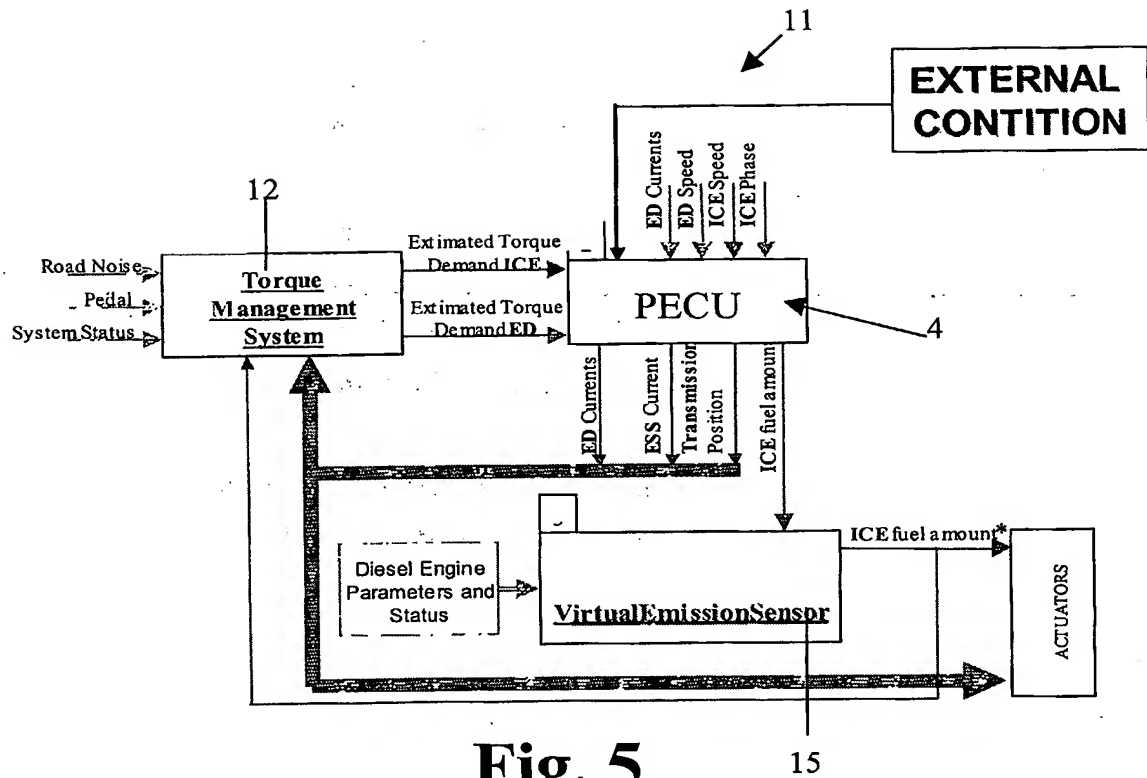


Fig. 3

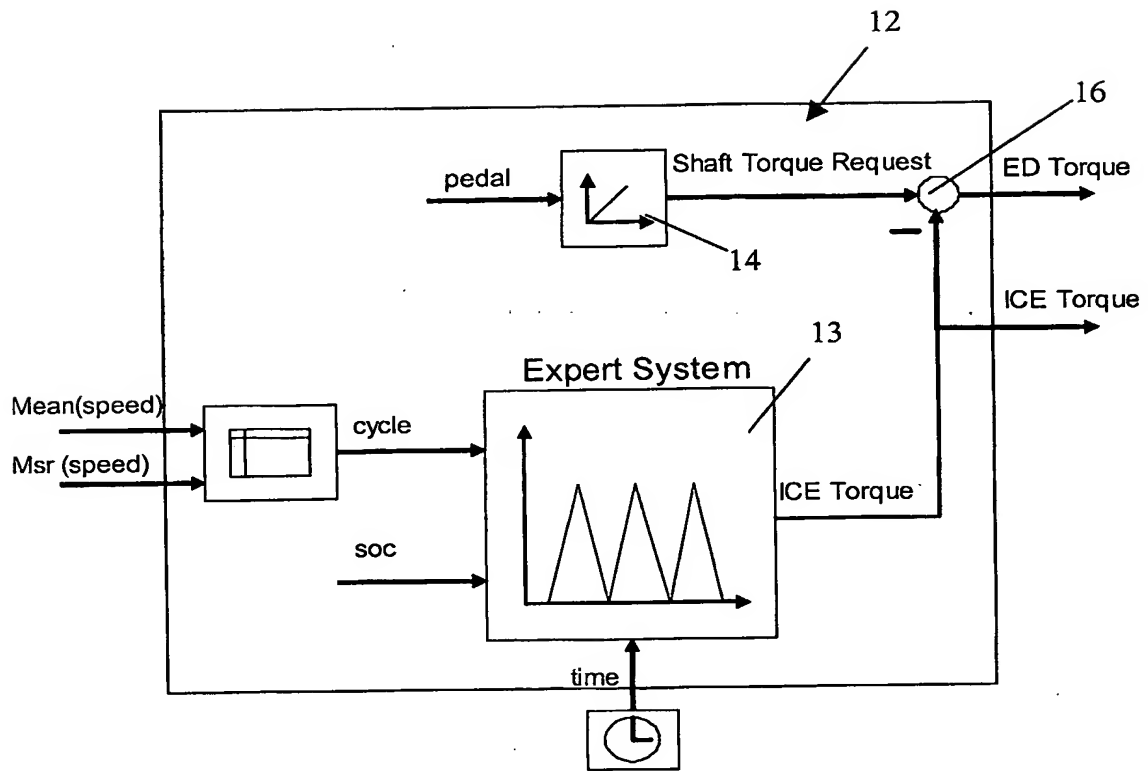


**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**



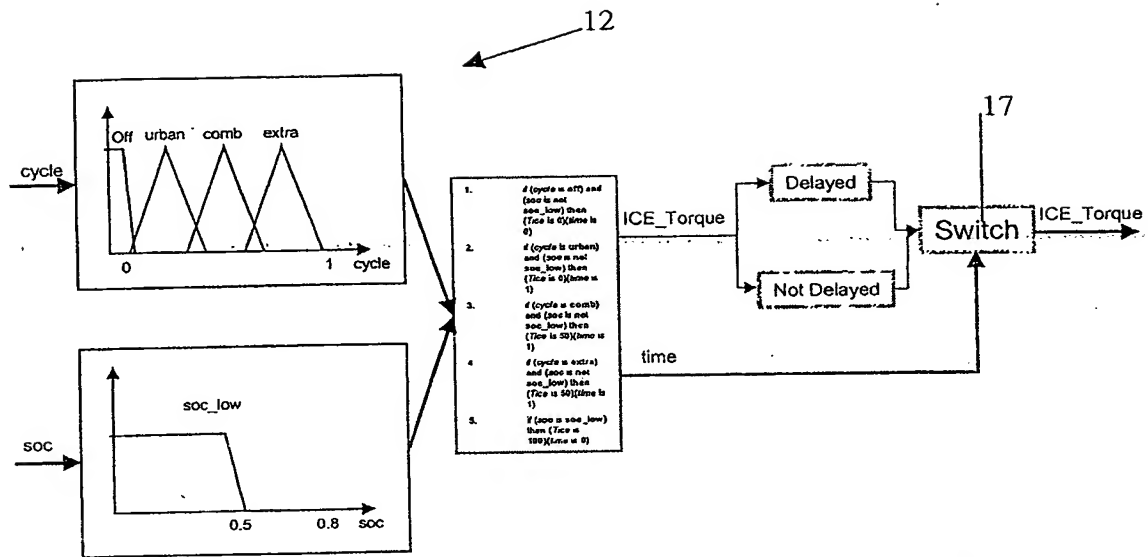
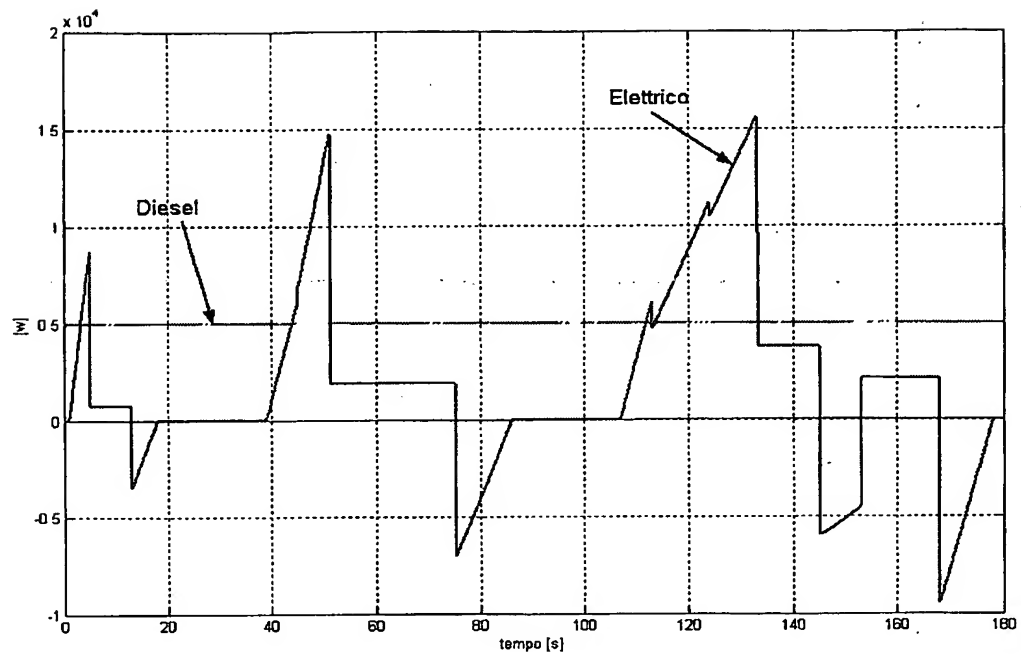


Fig. 7



**Fig. 8**



